



原著論文

中京大学における衛星通信地上設備の構築： 衛星通信による宇宙教育の実践

Development of Radio Communication Equipment for Satellite
Communication at Chukyo University: Practical Space Education Program
via Satellite Communication

村中 崇信¹

¹ 中京大学工学部

著者らはこれまで、学部教育において協調学習による衛星通信を題材にした宇宙教育に取り組んできた。本稿では、この教育プログラムの概要と、そのひとつの成果として、これに参加した学部4年生らが卒業研究で完成させた衛星通信地上設備を紹介する。また、この設備構築の過程で実施したNOAA気象衛星との通信実験についても報告する。
キーワード: 衛星通信, 実践的宇宙教育, 協調学習, NOAA極軌道衛星

1. はじめに

宇宙を題材とした教育活動や教育普及活動は、大学等の専門教育から、ひろく一般への教育活動として多くの事例があり、そのための教育プログラムや実施手法が考案され、公開されている。¹⁾ 衛星通信はその題材のひとつであるが、手作り八木アンテナによる低軌道衛星のテレメトリ受信や、気象衛星による観測画像の可視化など多くの実施例がある。これらの実施例においては市販の通信機器を利用可能であるため実験準備が比較的容易であり、また、実験内容が明瞭であるという利点がある。

著者らは、2013年度から中京大学における学部生教育の一環として、衛星通信を題材とした教育プログラムを実践してきた。この教育プログラムは工学部3年次必修科目である研究室ゼミで開始したものであるが、学生の宇宙工学への動機付けを行うと共に、次年度につづく卒業研究をたすける学習手法と技術の習得を目的としたものである。このプログラムで選定した課題は、アメリカ海洋大気局 (NOAA) が運用する極軌道衛星からの気象画像の復号であったが、宇宙教育の題材として多くの実施例が一般に公開されている。²⁾ この教育プログラムを考案するにあたり、参加する学生全員が課題解決に関与し、かつ個人の積極性が向上

することを期待して、知識構成型ジグソー法³⁾に則した協調学習のしかけを導入した。⁴⁾ このしかけを端的に述べると、参加する学生各々が分担する知識（および技術）の責任者となり、それらを統合することでひとつの課題解決を導く、というものである。

本稿では、著者らが中京大学において実施してきた宇宙教育プログラムの概要と、その成果として、これに参加した学部4年生4名が自身の卒業研究として遂行し、2014年度に完成させた衛星通信地上設備について紹介する。衛星通信地上設備構築における4名の卒研生の開発テーマは、「アンテナ設備の構築（2名）」、「受信機の自動制御（1名）」、「取得データの公開手法（1名）」であった。これらの開発に個人が取り組み、互いの技術を統合させた結果、「衛星通信地上設備」という全体システムの完成を見るプロセスは、彼らが前年に経験した協調学習による学習プログラムの形態を踏襲したものである。以降では、導入した協調学習のしくみと研究室におけるゼミ教育の経緯を述べた後、卒業研究で分担したこれら4つのシステム開発をそれぞれ個別に説明しながら、中京大学に構築した衛星通信地上設備について紹介する。また、この設備構築の過程で実施した、NOAA気象衛星との通信実験について報告する。

2. 協調学習のしくみと研究開発分担

2.1 知識構成型ジグソー法による協調学習

ここでは、本研究で導入した協調学習のしくみである、知識構成型ジグソー法の概要を述べる。知識構成型ジグソー法とは教育手法のひとつであり、世界でひろく実践された社会心理学者アロンソンらの「ジグソー法」を、「問い」を明確にして「知識を構成すること」を主眼として協調学習の手法に編み直したものである。知識構成型ジグソー法の工学教育への適用例では、ロボット工学分野での適用が検討され報告されている。³⁾ 図1に、知識構成型ジグソー法（以下「ジグソー法」と略記する）によるグループ学習の方法とグループの分割例を示す。まず、ジグソー法ではある課題を議論するグループをつくる。これをジグソーグループと呼称する。この例では3名からなる3つのジグソーグループを仮定する。次に、ジグソーグループのメンバーを3分割して新たなグループを作り、このグループでは課題に対して原理に基づく調査を行うものとする。このグループをエキスパートグループと呼称する。原理を3つ用意すれば、もとのジグソーグループの構成メンバー各々が別々の原理について調査する事となる。この後、エキスパートグループのメンバーは、元のジグソーグループに戻り、ジグソーグループ内でそれぞれがエキスパートとして持つ固有の知識を統合して、もとの課題に対する議論を行うことができる。従って、ジグソー法による協調学習では、グループを構成するメンバーそれぞれが、課題解決に向け貢献し得る学習環境が形成されることとなる。

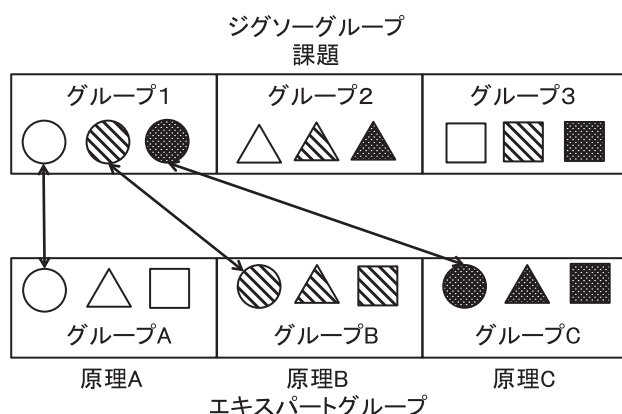


図1 ジグソー法による学習グループの分割例

2.2 ゼミ教育の経緯と卒業研究での開発分担

著者らは、2013年度から学部3年生を対象としたゼミ教育の一環として、NOAA 気象衛星との通信を題

材とした実験授業を行ってきた。この実験授業を構築するにあたり、NOAA 気象衛星との通信実験は、実験機器等の準備の容易さと実験結果の明瞭さから、宇宙工学初学者向けの実験テーマに適するものと考えた。さらに、この実験授業では、実験グループの構成方法に前述したジグソー法による協調学習のしかけを導入することで、学生のグループ実験に見られがちな諸問題の改善を試みた。すなわち、1) グループ内の特定の個人に知識や作業が集中することなく、2) メンバー全員がそれぞれ責任を持って実習に参加し、3) グループ内での密なコミュニケーションにより課題解決に向かう、などの成果を期待した。実験授業終了後のアンケート調査から、ここでの協調学習の手法は、これらの項目に対して高い教育効果を発揮したことが確認されている。⁴⁾ 2013年度に実施した実験授業では、7名の学生を2つのジグソーグループに分割し、衛星通信実験の実技に着目したA, B, C の3つのエキスパートグループに分割した（教育プログラムの詳細は参考文献4）を参照）。

- 1) グループA：通信ソフトウェア担当
 - ・衛星軌道解析および受信信号複合に関するソフトウェアの取扱
- 2) グループB：通信ハードウェア担当
 - ・アンテナの準備と受信機の基本操作の習得
- 3) グループC：計測器担当
 - ・スペクトラムアナライザによる衛星電波の測定

3つの担当は単純な作業分担を超えてそれぞれに強い相関があり、ジグソーグループで実験を成功させるためには、同グループ内で各エキスパート間の情報共有と作業連携が実験成功に必須であった。結果として、グループ内のコミュニケーションが密になり、学生同士の技術的情報共有も進んだ。

翌2014年度に、学部3年次にこの実験実習に参加した7名の学生のうち4名が卒業研究でこれを発展させた研究課題に着手することになった。卒業研究では学部3年次に行ったNOAA 気象衛星との通信実験を発展させながら、将来のVHF帯およびUHF帯電波による衛星通信地上局開設を視野に入れた実用的かつ高度な通信設備の開発を目標とした。開発項目は卒研生4名それぞれが分担出来るように、1) 衛星追尾アンテナシステム、2) 冗長系としての据置型アンテナシ

ステム（QFHアンテナシステム、詳細は後述）、3）通信機器の制御と通信の自動化、4）受信結果（気象画像）の公開システム、の4項目を選定した。開発項目の割振りにあたっては、前年度の実験授業の経験を踏まえて各学生の適性を見極めながら、それぞれが得意とする作業内容を多く含む開発項目を個人の卒業研究のテーマとした。次節以降は、本研究で卒研4名が従事した開発内容の技術的詳細を説明し、これらを統合して中京大学に完成した衛星通信地上設備について述べていく。

3. NOAA 気象衛星との通信

3.1 画像伝送方式と必要機器

本研究で構築する衛星通信設備は、アメリカ海洋大気局（NOAA）が運用する極軌道気象観測衛星⁶⁾（NOAA-POSEシリーズ）による気象画像データの受信を目標としたものである。NOAA-POSEシリーズ（以後、NOAA 気象衛星）は、地表高度約800kmを周回する極軌道衛星であり、約90分で地球を一周しながら全球の気象観測を行っている。2016年1月現在、NOAA-15、NOAA-18、NOAA-19の3機が運用中である。NOAA 気象衛星の画像伝送方式は、高解像度デジタル方式のHRPT（High Resolution Picture Transmission）と、低解像度アナログ方式のAPT（Automatic Picture Transmission）がある。本研究では、必要な通信機器の準備がより容易であるAPT信号の受信を試みた。APTはAM変調された2400 Hzの副搬送波を、FM変調された137MHz搬送波に乗せて伝送される。⁷⁾従って、この受信に必要なアンテナや受信機器は一般のVHF用機器ですべて対応可能である。受信信号から気象画像への復号は専用ソフトウェアが必要であるが、これも無償もしくは有償で一般に入手可能である。このように、APT信号の受信と気象画像の復号は、必要機材の入手が比較的容易であるため、アマチュア無線家や教育機関によって多くの実施例が紹介されている。（例えば参考文献7）、8）など）

3.2 使用するソフトウェア

NOAA 気象衛星のAPT画像の復号までに必要となるソフトウェアは、衛星軌道情報の解析に使用するものと、APT画像を復号するものの2つである。前述した様に、NOAA-POSEは地表高度およそ800kmで

周回する極軌道衛星であるため、特定の観測点から対象とする衛星の電波を受信可能な時間が限定される。また、その衛星の可視化時間は10分程度であるため、実験に際しては、対象衛星の軌道情報を事前に調査する必要がある。本研究ではNOAA 気象衛星の衛星軌道解析を、無償配布されているソフトウェアCalsat32⁹⁾を使用して行った。図2にCalsat32の表示画面を示す。図中に示す様に、本ソフトウェアを使用して世界地図上に投影された衛星軌道や、観測地点における衛星の可視化時間等の情報を確認できる。

次に、APT画像を復号するために、本研究では専用ソフトウェアであるWXtoImg¹⁰⁾を使用した。WXtoImgは無償版も配布されているが、ここでは有

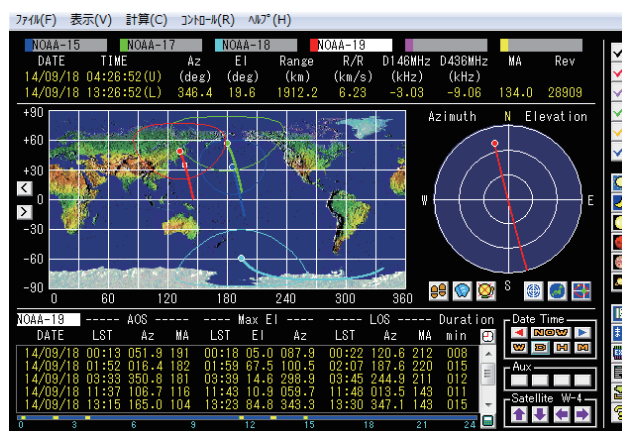


図2 衛星軌道解析ソフトウェアCalsat32の表示例

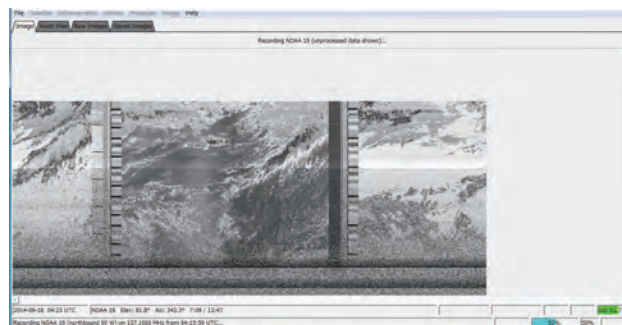


図3 WXtoImgによる可視化途中の気象画像

Satellite passes for yagoto, japan (35°08'N 136°57'E)
while above 4.0 degrees with a maximum elevation (MEL) over 5.0 degrees
from 2014-09-18 13:07:16 ~ 5:2 (WZJZ) (2014-09-18 04:07:16 UTC).

Satellite	Dir	MEL	Long	Local Time	UTC Time	Duration	Freq
NOAA 19	N	90W	137E	09-18 13:15:59	04:15:59	13:46	137.1000
NOAA 18	N	8E	163E	09-18 13:53:16	04:53:16	6:20	137.9125
NOAA 19	N	9W	112E	09-18 15:00:21	06:00:21	7:40	137.1000
NOAA 15	N	13E	158E	09-18 15:05:44	06:05:44	9:10	137.6200
NOAA 18	N	70E	140E	09-18 15:29:23	06:29:23	13:28	137.9125
NOAA 15	N	72W	134E	09-18 16:42:52	07:42:52	13:12	137.6200
NOAA 18	N	12W	115E	09-18 17:12:34	08:12:34	9:17	137.9125
NOAA 15	N	6W	110E	09-18 18:27:51	09:27:51	4:17	137.6200
NOAA 19	S	53E	143E	09-19 01:41:43	16:41:43	13:22	137.1000
NOAA 19	S	19W	119E	09-19 03:23:16	18:23:16	10:50	137.1000
NOAA 18	S	39E	146E	09-19 03:54:51	18:54:51	13:06	137.9125
NOAA 15	S	57E	142E	09-19 05:01:27	20:01:27	13:00	137.6200
NOAA 18	S	25W	123E	09-19 05:35:52	20:35:52	11:56	137.9125
NOAA 15	S	16W	119E	09-19 06:42:14	21:42:14	10:01	137.6200

図4 "Satellite Pass List" 機能による衛星軌道情報表示例

償版を使用している。このソフトウェアは受信機で音声信号に変換されたAPT信号を入力信号とし、可視光線や赤外線などで観測された複数チャンネルの気象画像を解析し可視化することができる。図3に、WXtoImgによる可視化途中の気象画像の表示画面を示す。また、本ソフトウェアが有する機能のひとつに“Satellite Pass List”があり、観測地点を通過するNOAA気象衛星の一覧とそれらの軌道情報を時系列で確認できる。この機能は、受信実験日時決定に有益である。図4に、“Satellite Pass List”の表示例を示す。

4. アンテナ設備と衛星電波受信システム

4.1 アンテナ設置場所の電波環境測定

名古屋都市街地に位置する、中京大学八事キャンパス敷地内にアンテナ設備を建設するにあたり、自作アンテナを使用した予備的通信実験を実施した。アンテナ設置場所と実験場所は、周辺の見通しの良さで後述する大型アンテナ設置に耐える建物構造を持つことから、同キャンパス6号館（以後6号館）の屋上に決定した。6号館の地上高はおよそ20mである。

今回のNOAA気象衛星との通信実験では、市販の広帯域受信機を使用するため、通信対象とする137MHz帯電波の受信感度に周辺電波が影響を及ぼす可能性が予想された。そこで、アンテナ設置の前段階に、同場所の背景電波強度を測定した。背景電波強度の測定は、VHF用アンテナを接続したスペクトラムアナライザ（アンリツ株式会社製、MS2713E）を使用した。VHF用アンテナは、今回設置したアンテナのひとつである、137MHz用QFHアンテナ（詳細は後述）を使用した。図5に測定した背景電波の、周波数に対する電波強度のグラフを示す。図5から、周波数80MHz近傍に電波強度が-20dBm程度の背景電波が確認できる。この電波はキャンパス近郊に位置するラジオ局から放射されるFM放送の電波であることが確認されている。同様の手法により、観測地点におけるNOAA衛星のAPT信号の電波強度を測定した結果、衛星の仰角に依存して-110dBmから-90dBm程度であることが実測されている。これらの結果から、アンテナ設置場所には受信対象の衛星電波強度と比較して70dBから90dB程度高強度の背景電波の存在が確認された。

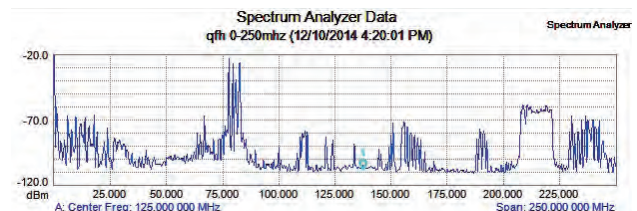


図5 実験場所におけるVHF帯背景電波強度測定結果。（2014年12月10日測定。横軸は周波数（MHz）および縦軸は電界強度（dBm）を示す。）

4.2 受信システムの概要

構築した衛星電波受信システムの詳細を述べる前に、本節では6号館に構築した通信システム全体の概略を述べる。図6に構築した通信システムの模式図を示す。アンテナ設備は本研究室が所在する同館屋上に設置し、受信機等を設置した同館3階の研究室まで通信用および電力供給用ケーブルを敷設した。受信するAPT信号は137MHz右回り円偏波で搬送されるため、アンテナはこの受信に適した無指向性QFH（Quadrifilar Helix）アンテナと指向性クロス八木アンテナによる衛星追尾アンテナシステムの2系統を導入した。（アンテナシステムの詳細は後述する。）敷設したケーブルは、通信用同軸ケーブルにフジクラ製8D-SFA（LITE）を使用し、衛星追尾用ローテータへの電力供給用に0.5sq 6芯ケーブルを使用した。研究室内から屋上アンテナ設備までの必要ケーブル長はQFHアンテナとの接続に70m、クロス八木アンテナとの接続に60mとなった。また、同軸ケーブルおよび電力供給用ケーブルそれぞれに避雷器を接続して落雷対策を施した。

図7に、研究室内に設置した受信設備を示す。ここには、受信機と後述するアンテナローテータ専用コントローラ、制御用PCが設置されている。本研究室で使用した受信機は、市販の広帯域アナログ受信機（AOR社製、AR8600Mk2）である。受信機は前述した同軸ケーブルを経由して、屋上に設置したQFHアンテナとクロス八木アンテナにそれぞれ接続されている（両アンテナの詳細は後述）。市販の広帯域受信機で微弱な137MHz帯衛星電波を受信するにあたり、80MHz帯背景電波が感度に及ぼす影響を軽減するため、受信機に直接接続可能なVHF帯バンドパスフィルタ（AOR社製ABF128）を導入した。このバンドパスフィルタの使用で、80MHz帯電波強度を約40dB減衰可能である。一方で、137MHz帯電波は約3dB減衰する。受信

機はオーディオケーブルでPCと接続されており、このPC上で動作する専用ソフトウェアを使用して音声信号から気象画像を復号する。また、同PCで受信機の周波数調整等の自動制御も行う目的で、受信機とPCはRS-232シリアルケーブルで接続されている。

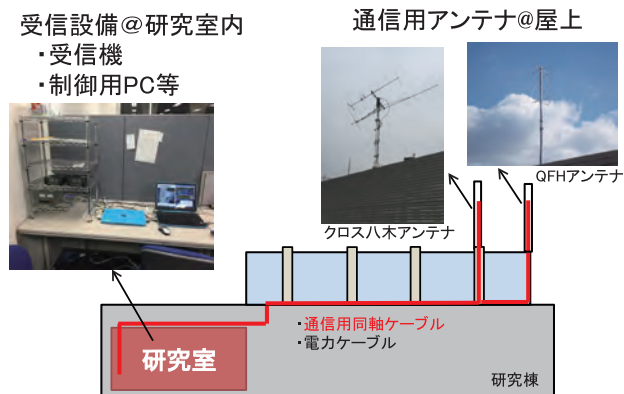


図6 構築したアンテナシステムの概略図



図7 研究室に構築した受信設備

4.3無指向性アンテナシステム

今回構築したアンテナシステムのひとつは、無指向性アンテナシステムであり、QFHアンテナを自作して構築した。⁷⁾ QFHアンテナはクロスダイポールアンテナと同様に円偏波受信に適したアンテナであり、その指向性は衛星運動における方位角方向に無指向であり、仰角方向にはクロスダイポールと比較して天頂側の半球に、低仰角側でもより感度が大きい特徴を持つ。無指向性のQFHアンテナは軌道運動するNOAA衛星からのAPT信号受信のために複雑な追尾機構を構築する必要がないためシステムがシンプルとなるメリットがある。本研究室ではアンテナへの理解を深める教育的意義も考慮して、NOAA衛星の送信電波で

ある137MHz右回り円偏波の受信に適したQFHアンテナを自作した。図8に完成したQFHアンテナの外観を示す。2つの螺旋状ループから成るエレメント部は銅管に曲げ加工を施し作製した。マスト部は絶縁材料で且つ適度な強度を持つ塩ビ管を加工して作製した。アンテナエレメントへの同軸ケーブルの接続が完了した後、耐候性を向上させるためアンテナ全体に防錆剤を塗布した。完成したアンテナの性能を評価するためにSWRメータ（コメット株式会社製、CAA-500）を使用してVSWR値を測定した。図9に、測定対象電波の中心周波数である137MHz近傍の周波数に対するVSWR値の測定結果を示す。ここで、VSWR値はアンテナの放射性能を示す値であり、1に近いほど電波の反射が少なく理想的なアンテナであることを示している。一般にVSWR値は1.5以下が理想とされ、3.0以下が実用上の限界とされる。この図より、自作アンテナのVSWR値の最小値は1.5であり、このときの周波数は135MHzであった。今回の通信対象電波の中心周波数137MHzに対しても、VSWR値は1.7となり、自作したQFHアンテナは実用可能な初期性能を持つことが確認できた。完成したQFHアンテナを6号館屋上に設置し、無指向性のアンテナシステムとし

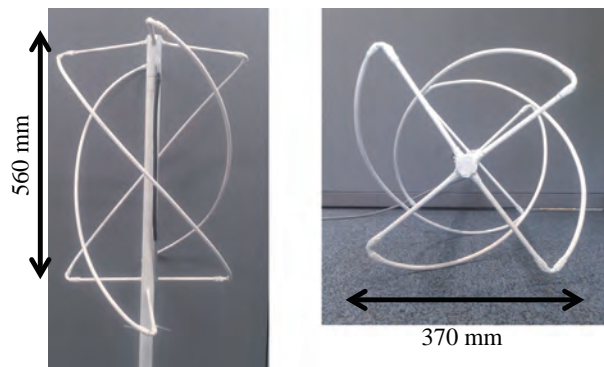


図8 自作QFHアンテナの外観図。アンテナ設置状態における正面図（左）および立面図（右）

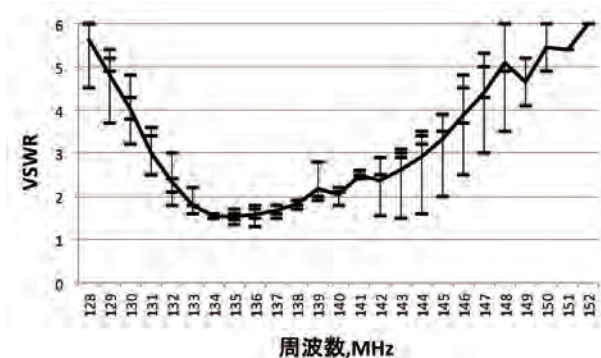
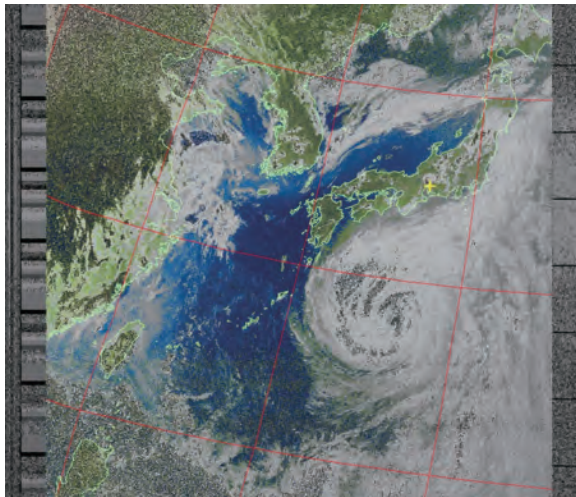


図9 自作QFHアンテナのVSWR値



図10 研究棟屋上に設置したQFHアンテナ

図11 QFH アンテナで受信した NOAA 衛星による気象画像 (NOAA-18, LT: 2015-07-15 17:07:02, MEL: 43E, Long: 137E) ^[1]

て運用を開始した。QFH アンテナの設置状況を図10に示す。このアンテナでNOAA 衛星による気象画像受信を試みたところ、図11に例示する様な気象画像を取得できることが確認された。

4.4衛星追尾型アンテナシステム

前述した無指向性アンテナシステムに加えて、指向性のクロス八木アンテナによる衛星追尾型アンテナシステムの構築を行った。このアンテナシステムは利得の大きなクロス八木アンテナを使用するため通信品質の向上が期待できるが、同アンテナの指向性が大きい

ため通信中は軌道運動する衛星を追尾させる必要がある。NOAA 衛星からの APT 信号の受信は無指向性の QFH アンテナでも十分可能であるため、この目的のために衛星追尾型アンテナシステムを構築することは過剰なシステム開発であると言える。しかし、本研究室では NOAA 衛星との通信に限らず、今後の宇宙教育活動の中で、大学等で開発および運用がなされている超小型衛星との通信を視野に入れており、この目的を実現する指向性アンテナによる衛星追尾型アンテナシステムを構築した。今回は中心周波数137MHzである APT 信号を受信するために、この周波数帯をカバーする市販の11エレメント144MHz用クロス八木アンテナ (F9FT 製, CY-144-211, 利得14.1dBi) を使用した。実際に通信を行うためには、このアンテナを衛星の軌道運動に同調させて指向させる必要があるが、これを実現するために衛星通信用機材として一般に使用されているアンテナ専用ローテータを導入した。アンテナ専用ローテータは、仰角および方位角方向（垂直角および水平角）に独立に回転し、2方向の回転を衛星の軌道運動に同調させてそれぞれ制御することで、これに取付けられたアンテナを衛星方向に指向する。本研究室では、仰角および方位角の2軸回転を1台で実現する yaesu 製 G5500を使用した。図12に6号館屋上に



図12 実験棟屋上に設置した144MHzクロス八木アンテナシステム

設置した144MHzクロス八木アンテナシステムを示す。クロス八木アンテナはブームを介して専用ローテータに取付けられている。クロス八木アンテナの対向にはカウンターウェイトのダミーアンテナを取付けた。アンテナの旋回運動を確保するために、ローテータは専用マストに取付けられている。ローテータ位置の高さは6号館屋上からおよそ7mであり、地上からはおよそ27mである。

以上のシステムで衛星追尾型アンテナシステムを構築した。図14に、このアンテナシステムで受信したNOAA衛星による気象画像を示す。

5. 定常運用のためのシステム開発

5.1 画像受信の自動化

現在、画像受信可能なNOAA衛星（POSE）は、NOAA-15、NOAA-18、NOAA-19の3機であり、それ

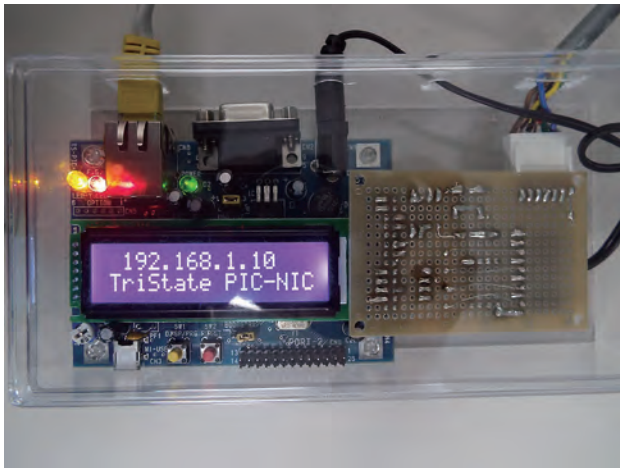


図13自作したローテータ制御用電子基盤の外観

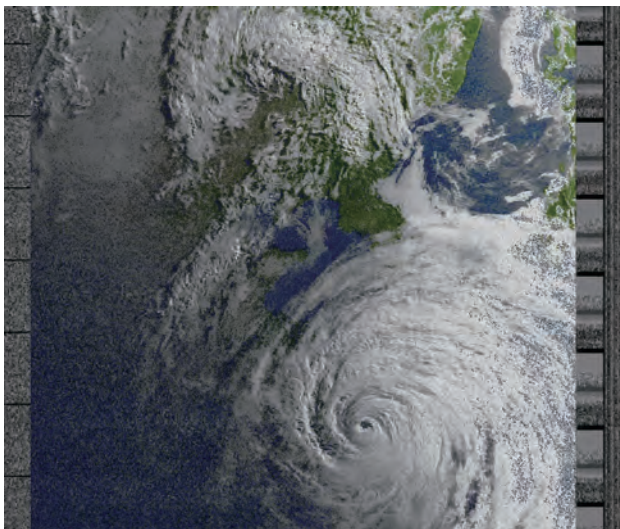


図14衛星追尾型アンテナシステムで受信したNOAA衛星による気象画像（NOAA-15、LT: 2015-07-11 06:44:51、MEL:24E、Long:137E）^[1]

ぞれが観測地点可視域を一日あたり2から4回通過する。つまり、一日あたりのべ10回程度、画像受信の機会があるが、これらすべての機会に人力で対応するのは非現実的である。よって、定常的な画像受信を無理なく実現するために、必要となる機器操作を完全自動化することを試みた。衛星軌道解析ソフトウェア、Calsat32とAPT画像の復号ソフトウェアWXtoImgはPC上で常時作動させているため、自動化すべき機器操作は受信機に関するもののみである。必要な操作は、1) 受信機電源のオンオフ、2) 衛星固有の搬送波中心周波数の設定と、通信品質向上のために衛星の軌道運動によるドップラーシフトの調整、の2点である。これらの受信機制御のために、National Instruments社製ソフトウェア、LabVIEWによる制御プログラムを作成した。このプログラムの構造は単純であり、Calsat32が持つ衛星軌道情報等の変数を入力値として受信機制御に使用するパラメータを算出し、このパラメータと受信機固有（AR8600Mk2固有）の制御コードをRS-232インターフェースで受信機に出力するものである。先に述べた制御項目1)は、衛星仰角の正負を参照し、負から正に移行する時点で受信機の電源オン、その逆の場合受信機の電源をオフとした。制御項目2)は、衛星固有の中心周波数を基準とし、観測地点と衛星との直線距離の変化率（速度）から中心周波数のドップラーシフトを算出し、それを補正した受信周波数を受信機に出力している。完成した受信機制御プログラムは、Calsat32のマクロプログラムに組み込み、Calsat32と連動して動作する。また、このマクロプログラム機能を利用して通信対象とする衛星を選定する。マクロプログラムを使用して3機のNOAA衛星の軌道情報をモニターし続け、観測地点に対する仰角が正、すなわち観測地点が衛星の可視領域に入ったものを通信対象に選択する。この選択がなされた後、LabVIEWで作成された受信機制御プログラムが軌道し、自動化された一連の画像受信が開始される。また、衛星追尾アンテナシステムを使用する場合は、同マクロプログラム中でCalsat32のアンテナ制御機能を追加起動することで、これまで述べた自動化された一連の画像受信が実現できる。

5.2 WEBによるデータ公開システムの開発

現在運用中のNOAA衛星3機からの気象画像受信

を自動化した結果、一日あたり10枚程度の気象画像データを自動的に取得することが可能となった。この画像は、APT画像を復号する専用ソフトウェアWXtoImgが自動的に生成しソフトウェアが動作するローカルPC上に保存するが、このとき入力される音声信号データも同時に保存する。それぞれのファイルサイズは、画像ファイルがPNGフォーマットで約4MB、音声信号データがWAVフォーマットで約15MBである。必要データ容量は1年あたり単純計算で約70GB程度必要となる。蓄積される画像ファイル数は1年あたり3000枚程度にのぼる。これらの蓄積データは膨大であるため、取得した気象画像データを今後活用するためには、画像ファイルのデータベース化とその公開方法を検討する必要がある。本研究では、WXtoImgが生成するファイルシステムを利用しながら、利便性と汎用性の高いWEBによる気象画像の公開システムを構築した。

WEBによる画像公開手法の開発にあたり、膨大な画像ファイルからユーザが希望する画像を検索表示する画像検索機能がその基本となる。NOAA衛星による気象画像においては、画像ごとにユーザが識別するキーワードは、「衛星名」、「時間（地方時、国際標準時）」、「衛星の最大仰角」、などWXtoImgが出力する画像ファイルの名称に付与することができる。また、これらの情報はExifフォーマット¹¹⁾に準拠したメタデータとして出力画像にも付与される。本研究では、このメタデータを利用して画像検索するCGI（Common Gateway Interface）を開発し、WEBサーバに導入することで、WEBによる効率的な画像検索および公開システムを構築した。CGIはスクリプト言語Perlで記述しており、先に述べたExifフォーマット準拠のメタデータはPerlのモジュールであるExif:tool¹²⁾を導入することで読み込み可能となった。検索する画像データはWXtoImgが生成したファイルシステム内に格納されているが、CGIはローカルネットワーク経由でこのファイルシステムにアクセスする。図15に開発した画像検索フォームの外観を、図16に検索画像の出力例をそれぞれ示す。出力レイアウトは、画像の簡易情報を画面右上表に、詳細情報を画面右下表にそれぞれ表示している。いずれの情報も先に述べたExifフォーマットで出力された気象画像のメタデータから抽出したものである。このシステムにより、ユーザは過去に取得

図15 画像検索フォーム

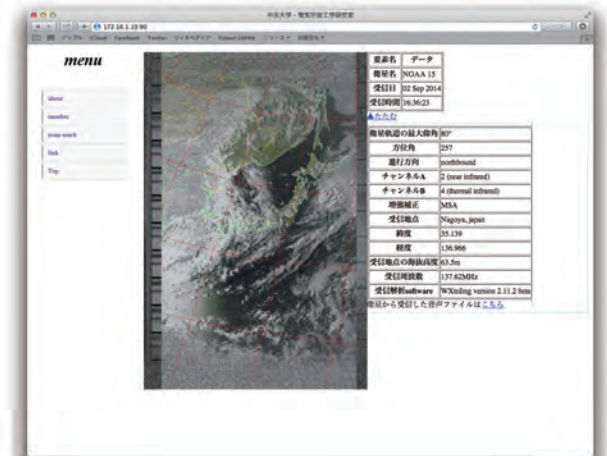


図16 検索画像の出力例

された気象画像から任意の希望画像を迅速に検索可能となり、また画像に付与されている詳細情報を得ることが可能となった。（現在は非公開。研究室内LAN内のみで運用中。）

6. まとめと今後の予定

本稿では、著者らが中京大学において実践している宇宙教育の概要、および、そのひとつの成果として構築した衛星通信地上設備と、この設備によるNOAA気象衛星による気象画像の復号実験について紹介した。この地上設備を構成するシステム開発は、研究室に所属する学部4年生が前年より参加してきた協調学習を踏襲するかたちで分担し、各人の卒業研究のなかで実施したものである。開発したシステムの大部分は既存の技術であり、また情報収集も困難ではなかった。しかし、開発着手当初、宇宙工学初学者であった彼らが、自身が担当する開発項目において知識と技術を習得しながら、協調学習の形態でシステム全体の構築に関与する経験は、実践的宇宙教育として機能しただけ

でなく、一般のものづくりの観点からも価値ある経験ではなかったかと考えている。ここで構築した衛星通信地上設備は、中京大学における宇宙教育に今後も継続的に活用されることが期待される。現在、本設備は衛星電波の受信のみを行う設備であるが、今後はアマチュア無線局申請を行い、衛星通信地上局の開設を目指している。しかるのちに、例えば国内における超小型衛星通信ネットワークへの参画等により、本学における宇宙活動がより学生主体の教育・研究活動へと拡大していくことを期待している。

謝辞

本稿で紹介した衛星通信設備を著者と共に開発した、2014年度中京大学情報理工学部（現工学部）卒業生の五十嵐勇真氏、帷子勝也氏、豊田和貴氏、渡辺翔太氏に感謝の意を表する。

注

[1] 括弧内はそれぞれ順に、衛星名、衛星通過時刻の地方時、最大仰角、最大仰角時の経度を示す。

参考文献

- 1) JAXA 宇宙教育センターホームページ, (2016年1月)
<http://edu.jaxa.jp/>
- 2) JAXA 宇宙教育センター教材：人工衛星の電波をキャッチしようⅡ, (2016年1月)
<http://edu.jaxa.jp/materialDB/detail/78845>
- 3) 三宅なほみ, 「概念変化のための協調過程」, 心理学評論, 54, pp.328-341, 2012。
- 4) 村中崇信, 白水始, 「宇宙教育プログラムへの知識構成型ジグソー法の導入」, 京都大学高等教育研究第20号, pp. 39-48, 2014年12月1日。
- 5) 林原靖男, 琴坂信哉, 三宅なほみ, 佐藤知正, 「RTコンポーネントを用いたジグソー法によるロボット工学の教育手法とその論文化に関する検討」『第29回日本ロボット学会学術講演会』, RSJ2011AC2C1-3, 2011。
- 6) NOAA POES ホームページ, (2016年1月)
<http://www.ospo.noaa.gov/Operations/POES/index.html>
- 7) 高橋恭一, 「長岡工業専門学校における極軌道衛星からのAPT (AUTOMATIC PICTURE TRANSMISSION) 信号受信の試み」, 長岡工業専門学校研究紀要第45巻第2号, 2009。
- 8) 鈴木憲次：気象衛星NOAA レシーバの製作, CQ出版社, 2011。
- 9) Calsat32 ホームページ, (2016年1月)
http://homepage1.nifty.com/aida/jr1huo_calsat32/index.html
- 10) WXtoImg ホームページ, (2016年1月)
<http://www.wxtoimg.com/>
- 11) 一般社団法人電子情報技術産業協会 -JEITA 規格,

JEITA CP-3451B

- 12) ExifTool by Phil Harvey ホームページ, (2016年1月)
<http://www.sno.phy.queensu.ca/~phil/exiftool/>